

DEBATES EN TORNO A LA GANADERÍA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

Daniel Blum^{1*} y Julius Koritschoner²

¹ GMF Nature Based Solutions, Buenos Aires, Argentina

² Ruuts Holding LLC, Buenos Aires, Argentina

*E-mail: dblum@agro.uba.ar

Recibido: 23/02/2024

Aceptado: 13/12/2024

RESUMEN

En el sector agropecuario existen discusiones académicas y extraacadémicas respecto a su responsabilidad sobre el cambio climático y su rol para mitigarlo. En particular, dos temas resultan claves para la ganadería en un contexto de cambio climático: (i) el valor del potencial de calentamiento global del metano en la producción ganadera y (ii) la contribución de esta actividad al balance de carbono del suelo. En la Argentina estas discusiones son relevantes dada la importancia relativa de la ganadería en la economía nacional. No obstante, estos debates se encuentran poco sistematizados y escasamente disponibles en formato de divulgación científica en español. Más aún, pocas publicaciones abordaron las discusiones con impacto en la producción ganadera argentina. Por ello, los objetivos de este trabajo fueron: (i) recopilar discusiones traídas por publicaciones científicas y literatura gris sobre el signo y magnitud del balance de carbono de los suelos en la Argentina y sobre el potencial de calentamiento global del metano de la ganadería y (ii) aplicar estas discusiones al contexto argentino. Del análisis se sugiere que en la Argentina se debería implementar una política pública orientada a monitorear y reportar el balance de carbono en suelos de todo el territorio nacional, y contribuir en el avance del conocimiento sobre el potencial de calentamiento global del metano producido por la ganadería. Este trabajo representa un aporte para que más partes interesadas puedan acceder a estos debates.

Palabras clave: metano, carbono, pastizal, potencial de calentamiento global, carne.

LIVESTOCK AND CLIMATE CHANGE: SCIENTIFIC ADVANCES FOR DECISION-MAKING

ABSTRACT

In the agri-food sector there are academic and extra-academic discussions regarding its responsibility for climate change and its role in mitigating it. In particular, two issues are key for livestock farming in a context of climate change: (i) the value of the global warming potential of methane in livestock production and (ii) the contribution of this activity to the soil carbon balance. In Argentina, these discussions are relevant given the relative importance of livestock farming in the national economy. However, these debates are poorly systematized and scarcely available in a scientific dissemination format in Spanish. Furthermore, few publications addressed the discussions with an impact on Argentine livestock production. Therefore, the objectives of this work were: (i) to compile discussions brought by scientific publications and grey literature on the sign and magnitude of the carbon balance of soils in Argentina and on the global warming potential of methane from livestock farming, and (ii) to apply these discussions to the Argentine context. The analysis suggests that Argentina should implement a public policy aimed at monitoring and reporting the carbon balance in soils throughout the national territory, and contribute to the advancement of knowledge about the global warming potential of methane produced by livestock farming. This work represents a contribution so that more interested parties can access these debates.

Key words: methane, carbon, grassland, global warming potential, meat.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático antropogénico, junto con la pérdida de biodiversidad y la contaminación, conforman una crisis sin precedentes que ponen en riesgo el futuro de la biósfera. En el marco de la lucha global contra el cambio climático, el sector agroalimentario juega un papel crucial ya que genera entre el 22% y 34% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de todo el mundo (Crippa *et al.*, 2021), y el 5% del total corresponde al metano generado por la producción ganadera (Minx *et al.*, 2021).

El sector agropecuario tiene un gran potencial para contribuir en la mitigación del cambio climático. Sin embargo, existen importantes discusiones sobre la forma de abordar la responsabilidad del sector. Por un lado, el cálculo de las emisiones de GEI se realiza utilizando un factor denominado potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés), que convierte el metano y otros GEI en dióxido de carbono equivalente (CO_2eq) para poder comparar las emisiones de distintas actividades con una unidad común. Es importante destacar que el valor de GWP que se asigne para el metano genera debates en la actualidad.

Por otro lado, en la Argentina diversos estudios científicos han discutido en los últimos cinco años sobre el signo y la magnitud del balance de carbono en suelos (*i.e.* la diferencia entre emisiones y capturas por las actividades agropecuarias), principalmente en torno a la ganadería. Por tener importantes implicancias económicas y geopolíticas, estas discusiones involucraron repetidamente al conjunto del sector científico, agropecuario y político. No obstante, estas discusiones ocurren generalmente en inglés y no existiría a la fecha una narrativa que sistematice las distintas posiciones en juego con sus fundamentos científicos. Los objetivos de este trabajo fueron: (i) sistematizar las discusiones de diferentes publicaciones científicas internacionales sobre el signo y la magnitud del balance de carbono de los suelos en la Argentina, y sobre el potencial de calentamiento global del metano y (ii) pensar estas discusiones en el contexto argentino.

Balance de carbono en suelos de la Argentina

El balance de carbono orgánico del suelo ("SOC", por sus siglas en inglés) representa la diferencia entre los GEI que un suelo captura y emite por las actividades agropecuarias. Durante los últimos 5 años existió un intenso debate respecto al signo (positivo o negativo) y la magnitud que toma el balance de SOC de la Argentina

asociado a la producción agropecuaria (ganadería, agricultura y forestería). Según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), la ganadería emitió el 20,8% de los GEI de la Argentina en 2020 (MAyDS, 2023). Sin embargo, se debate si dichas emisiones le corresponden al sector, dado que las emisiones del ganado podrían estar siendo compensadas por las capturas en el suelo. Este señalamiento se basa en que la ganadería en la Argentina se realiza con una alta participación de pasturas y pastizales en las etapas de cría (Viglizzo *et al.*, 2019; Villarino *et al.*, 2020; Viglizzo *et al.*; 2020).

El debate sobre el SOC de la actividad ganadera en la Argentina fue iniciado en el ámbito científico por Viglizzo *et al.* (2019). Los autores señalaron que el INGEI no reporta el secuestro de carbono en suelos pastoriles sino solo las emisiones de la actividad ganadera, dado que utiliza el 'nivel' 1 de los factores de emisión del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). Un nivel representa la robustez y precisión de los datos para construir el inventario (IPCC, 2006). Hay tres niveles, de los cuáles el nivel 1 es el más simple de todos y usa valores de emisiones por defecto, mientras que los niveles 2 y 3 incorporan datos y parámetros adaptados al contexto del país donde se usan, con la contracara de que, para obtenerlos, el país debe contar con recursos y un sistema de ciencia y técnica capaz de producirlos.

Según Viglizzo *et al.* (2019), el INGEI podría subestimar el secuestro de SOC, particularmente en agroecosistemas con pasturas y pastizales. Las guías del IPCC asumen un estado estacionario del carbono en suelos, en el cual las entradas son iguales a las salidas (Eggleston *et al.*, 2006). En cambio, Viglizzo *et al.* (2019) propusieron un modelo alternativo al del IPCC para medir el balance de SOC y reportar en los INGEI, partiendo de la base de que los suelos no se encuentran en equilibrio y actúan secuestrando más carbono del que pierden hasta un determinado punto de saturación (Ricard y Viglizzo, 2020). Mediante un metaanálisis para cuatro países del Mercosur (Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay), estos autores sugirieron que, bajo los supuestos de pastoreo extensivo y a bajas cargas animales ($0,23$ cabezas ha^{-1}), el balance de SOC en los suelos con pasturas y pastizales es positivo y, por lo tanto, la ganadería argentina fija más carbono en suelos del que emite por el ciclo ganadero. Incluso afirmaron que puede compensar las emisiones de sectores altamente intensivos en carbono, como la producción de energía o el transporte.

Las afirmaciones señaladas en el párrafo anterior, y en particular la idea de que la ganadería del Mercosur podría compensar a otros sectores intensivos en carbono, impactaron en el ámbito científico y agropecuario. Por ejemplo, Villarino *et al.* (2020) revisaron las conclusiones de Viglizzo *et al.* (2019) y señalaron que: (i) la ecuación propuesta para describir el flujo de SOC sería inadecuada, ya que omite el proceso de mineralización (por lo que se sobreestimaría la capacidad de los suelos para almacenar carbono), entre otras cosas, y (ii) la revisión de literatura sobre el SOC extrapola incorrectamente las tasas de cambio del SOC de las transiciones de uso del suelo a usos estables del suelo (por lo que no permitiría probar la hipótesis del aumento del SOC en suelos manejados con bajas cargas animales). Además, Villarino *et al.* (2020) señalaron la importancia de contemplar algunos estudios que contradicen los resultados obtenidos por Viglizzo *et al.* (2019) y de emplear una carga animal representativa para las grandes regiones ganaderas de la Argentina. En sintonía con Villarino *et al.* (2020), Álvarez *et al.* (2021) midieron el almacenaje o "stock" de carbono en 22 sitios en pastizales pampeanos entre 2007 y 2019 y concluyeron que, en términos generales, los suelos de los pastizales pampeanos no son sumideros de carbono.

Viglizzo *et al.* (2020) respondieron a estas observaciones, aceptando varios errores y contraargumentando otros, y, por ello, decidieron modificar la conjugación de su afirmación: de decir que la ganadería argentina "tiene" un balance positivo de carbono y "compensa" las emisiones de GEI de otros sectores, dijeron que "puede tener" un balance positivo y que podría "eventualmente compensar" a otros sectores. Sin embargo, el contenido de SOC tiene un punto de saturación ya que no puede fijar carbono indefinidamente, por lo que la idea de "compensación" de otros sectores carbono intensivos no es considerada realista por algunos autores (Smith, 2014; Wang *et al.*, 2023). En esta línea, un reporte de la FAO estimó que los suelos de la llanura chaco-pampeana tienen actualmente entre el 40% y el 70% del SOC que tenían previo al desarrollo agroganadero (Frolla *et al.*, 2021). Esto abriría la posibilidad de recuperar parte del carbono perdido por la actividad agropecuaria. Sin embargo, esta estimación aplica solo a los sistemas de cultivos agrícolas y no contempla a los sistemas de pastizales.

Otros trabajos que estudiaron la evolución del contenido de SOC encontraron que el pastoreo rotativo tiende a aumentar el "stock" de carbono, a diferencia de lo que

ocurre bajo pastoreo continuo (Vecchio *et al.*, 2018). Kurtz *et al.* (2020), por su parte, analizaron la influencia del pastoreo en pastizales naturales del noreste argentino y encontraron que el manejo holístico, que implica realizar pulsos de pastoreo intenso y descansos, puede aumentar hasta un 25% el contenido de SOC respecto al pastoreo continuo. Por otra parte, Jacobo *et al.* (2020) encontraron que el pastoreo controlado en un pastizal natural tiene un balance de carbono cercano a cero, mientras que el reemplazo por pasturas implantadas con alta carga animal pierde alrededor de 5 t CO₂eq ha⁻¹ año⁻¹. A pesar de las diferencias, estos estudios destacan la necesidad de medir empíricamente la evolución del "stock" de carbono para contar con datos locales, y no solo con los datos metodológicos del nivel 1 del IPCC. Estas conclusiones también son reportadas por la FAO (2019) y por Cañada *et al.* (2020). Sin embargo, menos del 30% de los productores realizan análisis de suelo en su campo, y solo recientemente se generó un mapa nacional del contenido de SOC bajo los distintos usos y coberturas para todo el país (Aapresid, 2021; INTA, 2023).

Para suplir la dificultad que supone la medición de carbono in situ de grandes extensiones de tierra, en los últimos años se desarrollaron nuevas tecnologías, como las torres de flujo ("flux towers") que permiten cuantificar los flujos de carbono entre el suelo, la vegetación y la atmósfera (Baldocchi *et al.*, 2001). La implementación de las torres de flujo representa una buena fuente de información para planificar medidas y monitorear la evolución de los "stocks" de carbono en el territorio. En ese sentido, la espectroscopía del suelo surgió como una tecnología escalable que permite mejorar las estimaciones del balance de los GEI de forma más económica que el método tradicional (Viscarra Rossel *et al.*, 2016).

Importancia de conocer el balance del SOC por actividad y por país

Korir *et al.* (2023) destacaron la importancia de que los países en desarrollo cuenten con datos propios para utilizar en sus inventarios nacionales y pasar del nivel 1 al 2 del IPCC. El nivel 2 reduce la incertidumbre y aumenta la precisión de los datos reportados. Los autores mostraron que, para un caso de estudio en Kenia, las emisiones de GEI de la producción ganadera pueden reducirse hasta un 44% o aumentar hasta un 25%, dependiendo si se usan datos locales o los provistos por el nivel 1 del IPCC. Por otro lado, en línea con el desconocimiento sobre las emisiones y capturas que genera el

sector agropecuario, Baumann *et al.* (2016) estudiaron las emisiones de GEI producidas por el cambio de uso del suelo para agricultura y ganadería en el Gran Chaco. Los autores reportaron emisiones por 824 millones de t de carbono entre 1985 y 2013, que representan más del doble que lo emitido por toda la economía argentina en 2020 –376 millones de t de CO₂eq– (MAyDS, 2023). Baumann *et al.* (2016) resaltaron la urgencia de cuantificar y monitorear con métodos robustos las emisiones de la deforestación y conversión de ecosistemas para agricultura y ganadería, sobre todo desde 2013.

Al ser un tema con implicancias geopolíticas y económicas, en el debate sobre el balance de SOC de Argentina se incurre en la difusión de noticias falsas. Tal es el caso de una reciente nota producida por un medio de comunicación (Bifaretti y Brusca, 2023) sobre un estudio realizado por Byrne *et al.* (2023) en el cual se estimó, con una novedosa metodología basada en sensores satelitales, el balance de carbono de los países del mundo entre 2015 y 2020. En la nota periodística original (posteriormente editada) se afirmó que un estudio de la NASA demostró que “la Argentina tiene un balance de carbono positivo debido a la captura de carbono en las tierras de pastoreo” (*i.e.* que fija la Argentina, más carbono del que emite). Esta noticia fue rápidamente replicada por un gran número de otros medios de comunicación (Figura 1). Inclusive fueron replicadas las representaciones de la Argentina en organismos internacionales, como la representación argentina ante la FAO (Gobierno de la Argentina, 2023). Sin embargo, las

conclusiones de Byrne *et al.* (2023) en ningún momento mencionan a la ganadería como motor del balance de carbono positivo de la Argentina. Por el contrario, pondera la fijación y emisión de carbono de todos los ecosistemas terrestres (sin incluir metano, el principal gas emitido por la producción ganadera) y le resta las emisiones por combustibles fósiles. Eso explicaría, según los autores, el valor positivo para la Argentina entre 2015 y 2020.

La equivocación de la información difundida por los medios se basó en las siguientes cuestiones: (i) el balance positivo no se debe solo al carbono en suelos, sino a todos los ecosistemas terrestres, incluyendo formaciones forestales y no forestales; (ii) el estudio no menciona a la ganadería argentina, ni de ningún otro país, ya que no desglosa por actividades, sino que solo muestra los balances nacionales de carbono; (iii) el estudio no incluye emisiones de metano, un GEI clave en la producción ganadera; (iv) no deben generarse conclusiones solo basadas en los resultados del estudio, ya que este complementa pero no sustituye a los métodos “bottom up” (*i.e.* contruidos con datos de actividad, de abajo hacia arriba) de cuantificación de balances de GEI, como los inventarios nacionales; (v) en el trabajo de Byrne *et al.* (2023) se muestra que la mayor fijación de carbono proviene de las regiones boscosas del norte de la Argentina, no asociado a las principales regiones ganaderas del país.

Ante la información falsa difundida, fueron científicos y activistas independientes quienes debieron aclarar la



Figura 1. Recortes de múltiples medios de comunicación en los cuales se replicó la noticia derivada de un estudio publicado por Byrne *et al.* (2023).

situación a través de sus redes sociales y medios alternativos (Manzoni, 2023; Oesterheld, 2023; Schwartzman, 2023). Inclusive, los propios autores del estudio debieron intervenir afirmando que “no es posible concluir a partir de nuestro estudio si la industria ganadera de un país concreto es una fuente o un sumidero neto de GEI” (Ballarino, 2023).

Debates sobre el potencial de calentamiento global (GWP) del metano

El GWP es una medida para convertir un GEI a unidades equivalentes de CO₂ y así poder comparar coherentemente las emisiones de las distintas actividades de una economía en una unidad común, el dióxido de carbono equivalente (CO₂eq). Actualmente se discute sobre qué valor de GWP emplear para el caso del metano, principal GEI producido por la actividad ganadera en la fermentación entérica del vacuno. La discusión se da en torno a dos aproximaciones: (i) el ampliamente aceptado GWP a 100 años (en adelante, GWP100), utilizado por el IPCC (2014) y por los países que siguen sus guías para reportar inventarios, y (ii) el GWP Star (en adelante, GWP*). El GWP100 le asigna al metano un valor de 21 a 34 veces el valor del CO₂ (IPCC, 1995, 2014; EPA, 2018). En cambio, el potencial alternativo GWP* tiene valores muy inferiores al GWP100 y por ende disminuye sustantivamente el peso de las emisiones ganaderas en los inventarios. Usando el GWP*, el metano es solo ocho veces más potente que el CO₂ en un período de 20 años (Allen *et al.*, 2018; Lynch *et al.*, 2020; IPCC, 2021; Smith *et al.*, 2021; Blignaut *et al.*, 2022). Por ello, en países como la Argentina, donde la ganadería ocupa un lugar importante en las emisiones de GEI, la definición sobre el valor del GWP tiene implicancias importantes.

La capacidad del GWP100 para explicar el calentamiento producido por los GEI de vida corta, como el metano, fue inicialmente cuestionada por Allen *et al.* (2016), para que posteriormente Allen *et al.* (2018) propongan el GWP* como solución. El principal argumento expuesto fue que no resulta adecuado comparar linealmente la contribución del metano al calentamiento global –con una vida media de 10-17 años– con el CO₂ –con una vida media de mil años– (Allen *et al.*, 2018; Lynch *et al.*, 2020; Lynch *et al.*, 2021). En esa sintonía, Cain *et al.* (2019) y Lynch *et al.* (2020) sugieren que el GWP100 falla cuando se plantean escenarios de emisiones estables o decrecientes de metano, y esto afecta el cumplimiento de los compromisos climáticos de sectores como el ganadero. Según Frank Mitloehner,

referente del sector ganadero estadounidense en contabilidad de emisiones, “el GWP100 no predice el calentamiento, simplemente brinda números equivalentes de emisiones de carbono” (Nason, 2023). Luego afirma que, “nos preocupamos por los GEI por una razón: causan el calentamiento, y el GWP* permite describir este fenómeno” (Nason, 2023).

El valor usado del GWP del metano varía entre países y estudios, según los animales y las condiciones ambientales y/o productivas, lo que puede conducir a estimaciones incluso inferiores a las propuestas por las metodologías del IPCC (Scoones, 2022). En un caso de estudio, Blignaut *et al.* (2022) modelaron la huella de carbono para todo el ciclo de vida de una vaca promedio en Sudáfrica y concluyeron que las emisiones totales por tonelada de carne producida pueden variar de 19,1 t CO₂eq (emisión neta) a -12,6 t CO₂eq (captura neta). En el escenario de emisión neta, dicho número se explica por el valor del GWP (GWP100= 28) y la baja captura de carbono del estiércol en suelos (10%). En el escenario de captura neta, el valor mencionado se explica por el uso del GWP* (GWP*= 8) y una ponderación mayor a la captura del carbono del estiércol (70%) en suelos ricos en microorganismos, buena cobertura herbácea y un adecuado manejo de los recursos forrajeros. En otro caso de estudio, Pressman *et al.* (2023) analizaron el impacto de las emisiones de metano del ganado lechero de California y sugirieron que el GWP* refleja correctamente el impacto de la reducción de emisiones del sector ganadero sobre la temperatura del planeta, a diferencia del GWP100, que no mostraría una disminución de la temperatura a pesar de la reducción de emisiones. Otro ejemplo está dado por del Prado *et al.* (2023), quienes analizaron las fortalezas y debilidades del GWP* y lo compararon con el GWP100 en seis casos de estudio. Los autores arribaron a la conclusión de que el GWP* puede mostrar de forma clara el calentamiento que generan las emisiones adicionales de metano. No obstante, para modelizaciones climáticas a largo plazo, del Prado *et al.* (2023) desaconsejan su uso ya que el GWP* sobreestima el calentamiento adicional del metano, producto de las emisiones sostenidas en el tiempo, cuando se compara con el GWP100.

Sin embargo, las críticas al GWP* son múltiples (Ivanovich *et al.*, 2023). Meinshausen y Nicholls (2022) listan las condiciones que debería cumplir el GWP* para ser considerado una métrica válida: (i) hacer posible la conversión entre distintos gases; (ii) cuantificar el impacto marginal de la emisión de una unidad adicional

de metano; (iii) habilitar el retrocontrol por parte de la política climática; (iv) ser consistente con el esquema ya utilizado por los países en sus reportes a la Convención Marco de Cambio Climático de la ONU; y (v) proporcionar una herramienta simple y transparente para quienes no se especializan en la temática. Según los autores, el GWP* solo cumple la condición (i); por ello, consideran al GWP* como un modelo y no como una métrica a ser adoptada por los países en sus reportes a la Convención Marco de Cambio Climático. Por otro lado, Schleussner *et al.* (2019) coinciden en el punto (iv) de Meinshausen y Nicholls (2022), ya que sugieren que usar el GWP*, que es sustancialmente diferente a las métricas actuales provistas por el IPCC, puede generar inconsistencias en la cuantificación de la mitigación del cambio climático en el marco del Acuerdo de París. Los autores sugieren que limitar el aumento de la temperatura mediante la reducción de emisiones de metano es mucho más fácil con el GWP*, o sea que este sobreestima el poder mitigador de reducir emisiones de metano. Para posibilitar el empleo del GWP* bajo los marcos de cuantificación actuales, habría que recalcular todas las metas propuestas por los países en sus Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC, por sus siglas en inglés), lo que significaría un esfuerzo muy importante que posiblemente obstaculizaría el proceso de construcción de la política climática global y el objetivo de alcanzar emisiones netas cero.

A su vez, Rogelj y Schleussner (2019) agregan que el GWP* puede traer consecuencias imprevistas para países en desarrollo, ya que minimiza el peso relativo de las emisiones históricas de GEI de vida corta de países desarrollados e incrementa el de las emisiones futuras de países en desarrollo. Esto se debe a que el GWP* podría penalizar más a las nuevas fuentes de metano de los países en desarrollo que a las fuentes existentes en los países desarrollados. Sin embargo, el Prof. Myles Allen de la Universidad de Oxford explica que con el GWP* "cualquier nueva fuente de metano tiene un impacto de calentamiento global 16 veces mayor por tonelada de metano emitido que una fuente establecida hace más de 20 años" (Boren, 2022a). Por ello, según Allen la penalización descrita es justa ya que aplica de igual forma a producciones de países en desarrollo como de países desarrollados. Por su parte, en el último informe del IPCC (AR6 WG1, capítulo 7) se deja constancia de que el GWP* está en evaluación, pero no emite una recomendación a los países a adoptarlo como estándar (Forster *et al.*, 2021).

Aportes de la ciencia argentina al abordaje del estudio del cambio climático

La Argentina requiere contar con líneas de investigación y expertos formados en la temática a fin de aportar al debate internacional, fortalecer a la acción climática del sector agropecuario y alcanzar rigurosamente las metas del Acuerdo de París. La ciencia argentina puede contribuir a la construcción de inventarios de GEI más robustos. Por ejemplo, hay antecedentes de publicaciones científicas locales que aportaron a la discusión sobre los factores de emisión de GEI que elabora el IPCC. Por ejemplo, Cañada *et al.* (2020) describieron cómo varía la emisión de CO₂ en un sistema de siembra directa y los datos reportados por los autores fueron utilizados por el IPCC para actualizar factores de emisión.

En relación con el balance de SOC, es preciso desarrollar estudios espacialmente explícitos, tanto regionales como sitio-específicos, para medir y reportar con métodos robustos la evolución de los balances de carbono en los suelos de todas las ecorregiones de la Argentina. Por ejemplo, Francia lo realiza con el sistema InfoSol, y Estados Unidos con el sistema Soil Carbon Monitoring. Si bien la gran mayoría de los países agroexportadores realizan inventarios de carbono y otros parámetros ambientales en suelos de forma regular, en la Argentina es relativamente bajo el nivel de adopción de medición de SOC por parte de los productores agropecuarios. Se debería hacer especial foco en la región pampeana y el Gran Chaco debido a la gran intensidad de uso agropecuario y al porcentaje de carbono del suelo que han perdido producto de ese uso y podrían eventualmente recuperar (Frolla *et al.*, 2021).

Resulta necesario incorporar a la contabilidad del INGEI el balance de SOC de los ecosistemas terrestres de la Argentina, con datos a nivel de ecorregión o inclusive departamental, a fin de reportar no solo las emisiones de GEI, sino también el secuestro y la emisión de GEI estimados en el balance de forma integrada y precisa. Para ello, se deberían implementar políticas públicas orientadas a cuantificar el balance de carbono en suelos de todo el territorio nacional para conocer si son o pueden ser potenciales sumideros de carbono. Un antecedente reciente de esto es el mapeo de las reservas de carbono en suelos que coordinó el INTA junto a otras instituciones del sector privado (INTA, 2023). Además, se deben incluir las emisiones por cambio de uso de suelo en los cálculos de huella de carbono de los productos agrícolas, en línea con Baumann *et al.* (2016).

Por otro lado, tanto en el ámbito científico como en ámbitos políticos y económicos argentinos se discute qué valor de GWP usar para cuantificar las emisiones de metano ganadero, dado que los intereses en juego exceden ampliamente la búsqueda de la verdad científica per se. No obstante, las acciones que deberían ser tomadas de forma urgente, no solo en el sector agropecuario, sino también en sectores como el transporte y la energía, se ralentizan debido al desacuerdo entre diferentes actores (Fidalgo, 2019; Elgin, 2021; Boren,

2022a, 2022b; De frente al campo, 2022; Scoones, 2022). Por ello resulta necesario conocer cómo influye la utilización del GWP100 y GWP* en la estimación de emisiones de carbono equivalente de las distintas producciones ganaderas de la Argentina, en línea con lo propuesto por Scoones (2022). Para ello, resulta fundamental realizar una adaptación local de los estudios sobre ambos GWP realizados para producciones ganaderas de otras regiones del mundo (Blignaut *et al.*, 2022; Pressman *et al.*, 2023).

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, M. R., Fuglestedt, J. S., Shine, K. P., Reisinger, A., Pierrehumbert, R. T. y Forster, P. M. (2016). New use of global warming potentials to compare cumulative and short-lived climate pollutants. *Nature Climate Change*, 6(8), 773-776. <https://doi.org/10.1038/nclimate2998>
- Allen, M. R., Shine, K. P., Fuglestedt, J. S., Millar, R. J., Cain, M., Frame, D. J. y Macey, A. H. (2018). A solution to the misrepresentations of CO₂-equivalent emissions of short-lived climate pollutants under ambitious mitigation. *Npj Climate and Atmospheric Science*, 1(1), 1-8. <https://doi.org/10.1038/s41612-018-0026-8>
- Alvarez, R., Berhongaray, G. y Gimenez, A. (2021). Are grassland soils of the pampas sequestering carbon? *Science of the Total Environment*, 763, 142978. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142978>
- Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa-Aapresid. (2021). *Agenda Aapresid 13/4: análisis de suelo*. <https://www.aapresid.org.ar/blog/agenda-aapresid-13-4-analisis-suelo>
- Baldocchi, D., Falge, E., Gu, L., Olson, R., Hollinger, D., Running, S., Anthoni, P., Bernhofer, C., Davis, K., Evans, R. *et al.* (2001). FLUXNET: A new tool to study the temporal and spatial variability of ecosystem-scale carbon dioxide, water vapor, and energy flux densities. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 82(11), 2415-2434. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(2001\)082%3C2415:FANTTS%3E2.3.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(2001)082%3C2415:FANTTS%3E2.3.CO;2)
- Ballarino, F. (2023). Es falso que un estudio de la NASA haya demostrado que la ganadería de nuestro país no contamina y derribado el mito sobre las vacas argentinas. Chequeado. <https://chequeado.com/ultimas-noticias/es-falso-que-un-estudio-de-la-nasa-haya-demostrado-que-la-ganaderia-de-nuestro-pais-no-contamina-y-derribado-el-mito-sobre-las-vacas-argentinas/>
- Baumann, M., Gasparri, I., Piquer-Rodríguez, M., Gavier Pizarro, G., Griffiths, P., Hostert, P. y Kuemmerle, T. (2016). Carbon emissions from agricultural expansion and intensification in the Chaco. *Global Change Biology*, 23(5), 1902-1916. <https://doi.org/10.1111/gcb.13521>
- Bifaretti, A. y Brusca, E. (2023). EL IPCVA lo dijo y la NASA lo confirmó: Argentina tiene balance positivo de carbono. Consultado el 17/03/2023. *Diario Perfil*. <https://www.perfil.com/noticias/economia/el-ipcva-lo-dijo-y-la-nasa-lo-confirmo-argentina-tiene-balance-positivo-de-carbono.phtml>
- Blignaut, J., Meissner, H., Smith, H. y du Toit, L. (2022). An integrative bio-physical approach to determine the greenhouse gas emissions and carbon sinks of a cow and her offspring in a beef cattle operation: A system dynamics approach. *Agricultural Systems*, 195, 103286. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103286>
- Boren, Z. (2022a). How the beef industry is trying to change the maths of climate change. *Unearthed*. <https://unearthed.greenpeace.org/2022/03/09/global-warming-potential-star-methane-agriculture-net-zero/>
- Boren, Z. (2022b). Revealed: How the livestock industry funds the 'greenhouse gas guru'. *Unearthed*. <https://unearthed.greenpeace.org/2022/10/31/frank-mitloehner-uc-davis-climate-funding/>
- Byrne, B., Baker, D. F., Basu, S., Bertolacci, M., Bowman, K. W., Carroll, D., Chatterjee, A., Chevallier, F., Ciais, P., Zeng, N. *et al.* (2023). National CO₂ budgets (2015-2020) inferred from atmospheric CO₂ observations in support of the global stocktake. *Earth System Science Data*, 15(2), 963-1004. <https://doi.org/10.5194/essd-15-963-2023>
- Cain, M., Lynch, J., Allen, M. R., Fuglestedt, J. S., Frame, D. J. y Macey, A. H. (2019). Improved calculation of warming-equivalent emissions for short-lived climate pollutants. *Npj Climate and Atmospheric Science*, 2(1). <https://doi.org/10.1038/s41612-019-0086-4>
- Cañada, P., Feiguin, F., Fritz, D., García, G., Preliasco, P. y Angeli, A. (2020). *Estudio sobre potencialidad de mitigación y sensibilidad para reportar en los INVGEI*. Boletín técnico de la Fundación Vida Silvestre Argentina. Convenio colaborativo de trabajo AACREA - FVS. Buenos Aires, Argentina.
- Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Monforti-Ferrario, F., Tubiello, F. N. y Leip, A. (2021). Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature Food*, 2(3), 198-209. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00225-9>
- De frente al campo. (2022). La ganadería, ¿una actividad que aporta o atenta contra la sostenibilidad? *Agro Noticias*. <https://www.defrentealcampo.com.ar/la-ganaderia-una-actividad-que-aporta-o-atenta-contra-la-sostenibilidad/>
- Del Prado, A., Lynch, J., Liu, S., Ridoutt, B., Pardo, G. y Mitloehner, F. (2023). Animal board invited review: Opportunities and challenges in using GWP* to report the impact of ruminant livestock on global temperature change. *Animal*, 17(5). <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100790>
- Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. y Tanabe, K. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan, p. 2006. <https://www.ipcc.ch/report/2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>
- Elgin, B. (2021). Beef Industry Tries to Erase Its Emissions With Fuzzy Methane Math. *Bloomberg*.

- Environmental Protection Agency-EPA. (2018). U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks, 1990-2016. https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-01/documents/2018_complete_report.pdf. *Epa 430-R-18-003*, 106(11), 1323-1330.
- Fidalgo, R. (2019). Comer carne contamina más que conducir. *Autocasión*. <https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/contaminan-mas-las-vacas-o-los-coches>
- Food and Agriculture Organization-FAO. (2019). *Measuring and modelling soil carbon stocks and stock changes in livestock production systems – A scoping analysis for the LEAP work stream on soil carbon stock changes*. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/CA2933EN/>
- Forster, P., Storelvmo, T., Armour, K., Collins, W., Dufresne, J., Frame, D., Lunt, D., Armour, K., Collins, W., Zhang, H. et al. (2021). The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity. En *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://www.ipcc.ch>. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.009.923>
- Frolla, F. D., Angelini, M. E., Beltrán, M. J., Ezequiel, G., Di Paolo, L. E., Rodríguez, D. M., Schulz, G. A. y Pascale, C. (2021). Argentina: Soil Organic Carbon Sequestration Potential National Map. National Report. Version 1.0. *FAO*, 21.
- Gobierno de la Argentina. (2023). *Representación argentina ante la FAO*. <https://twitter.com/ArgenFao/status/1635220750104948742?cxt=H-HwWjMDTfimvLEtAAAA> [Último acceso: 20 de marzo de 2023]
- Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC. (1995). *Climate Change 1995. The Science of Climate Change*. En: J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg y K. Maskell (Eds.). *The Science of Climate Change*. IPCC. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_sar_wg_I_full_report.pdf. <https://doi.org/10.1201/9781003189909-2>
- Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R. K. Pachauri y L. A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. [https://doi.org/10.1016/S0022-0248\(00\)00575-3](https://doi.org/10.1016/S0022-0248(00)00575-3)
- Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC. (2021). *Assessment Report 6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-INTA. (2023). *Los suelos de la Argentina almacenan el 2% de la reserva mundial de carbono*. INTA. <https://www.argentina.gob.ar/noticias/los-suelos-de-la-argentina-almacenan-el-2-de-la-reserva-mundial-de-carbono>
- Ivanovich, C. C., Sun, T., Gordon, D. R. y Ocko, I. B. (2023). Future Warming from Global Food Consumption. *ResearchSquare*, 13. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1964969>
- Jacobo, E. J., Cadaviz, N., Vecchio, M. C. y Rodriguez, A. M. (2020). Estimation of the balance of greenhouse gases in livestock production systems in the Salado river basin. *AgriScientia*, 37(1), 15-32. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v37.n1.27514>
- Korir, D., Ndung'u, P. W., Onyango, A., Arndt, C., Goopy, J., Marquardt, S. y Eckard, R. *IPCC Tier 1 Methodology Overestimates the Carbon Footprint of Smallholder Cattle Production Systems in Kenya*. <https://ssrn.com/abstract=4512704>
- Kurtz, D., Rey Montoya, S., Ybarra, D., Grancic, C. y Sanabria, C. (2020). The impact of grassland management on physical and chemical properties of a psammaquent in northeastern Argentina. *Revista Argentina de Produccion Animal*, 40, 1-13.
- Lynch, J., Cain, M., Frame, D. y Pierrehumbert, R. (2021). Agriculture's Contribution to Climate Change and Role in Mitigation Is Distinct From Predominantly Fossil CO₂-Emitting Sectors. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 1-9. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.518039>
- Lynch, J., Cain, M., Pierrehumbert, R. y Allen, M. (2020). Demonstrating GWP: A means of reporting warming-equivalent emissions that captures the contrasting impacts of short- A nd long-lived climate pollutants. *Environmental Research Letters*, 15(4). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab6d7e>
- Manzoni, M. (2023). *No es posible concluir de nuestro estudio que la ganadería (...) capture gases de efecto invernadero. No incluimos metano*. 15 de marzo 2023. https://twitter.com/maxtropiero_/status/1636119681495883776?t=pjFVpV2wRt_pS7jYQ59e-w&s=19
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MAYDS. (2023). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero: Argentina, 2023*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://ciam.ambiente.gob.ar/images/uploaded/recursos/371/Booklet_INGEI_2020.pdf
- Meinshausen, M. y Nicholls, Z. (2022). GWP* is a model, not a metric. *Environmental Research Letters*, 17(041002). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5930>
- Minx, J., Lamb, W., Andrew, R., Canadell, J., Crippa, M., Döbbling, N., Forster, P., Guizzardi, D., Olivier, J., Peters, G., Tian, H. et al. (2021). A comprehensive dataset for global, regional and national greenhouse gas emissions by sector 1970-2019. *Earth System Science Data Discussions*, 1-63.
- Nason, J. (2023). GWP Star no 'free pass' for the livestock sector: Frank Mitloehner. 23/02/2023. *Beef Central*. <https://www.beefcentral.com/news/why-gwp-star-is-no-free-pass-for-the-livestock-sector-frank-mitloehner/>
- Oesterheld, M. (2023). @MartinOesterhel. *Una publicación reciente de la NASA alcanzó notoriedad porque muestra que la Argentina fija más CO₂ que el que emite*. 14 de marzo 2023. <https://twitter.com/martinoesterhel/status/1635773872292372480?s=48&t=PmxNAAT9Bi8R-Bq9LX62FVw>
- Pressman, E. M., Liu, S. y Mitloehner, F. M. (2023). Methane emissions from California dairies estimated using novel climate metric Global Warming Potential Star show improved agreement with modeled warming dynamics. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1072805>
- Ricard, M. F. y Viglizzo, E. F. (2020). Improving carbon sequestration estimation through accounting carbon stored in grassland soil. *MethodsX*, 7, 100761. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.12.003>
- Rogelj, J. y Schleussner, C. F. (2019). Unintentional unfairness when applying new greenhouse gas emissions metrics at country level. *Environmental Research Letters*, 14(114039). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac02ec>
- Schleussner, C. F., Nauels, A., Schaeffer, M., Hare, W. y Rogelj, J. (2019). Inconsistencies when applying novel metrics for emissions accounting to the Paris agreement. *Environmental Research Letters*, 14(12). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab56e7>

- Schvartzman, A. (2023). @AzulSchvartzman. Mini hilo sobre el artículo de la NASA, Argentina con balance de Carbono negativo, las notas que dicen que la ganadería es la solución del cambio climático y la desinformación. 14 de marzo 2023. https://twitter.com/azulschvartzman/status/1635646729230987265?s=48&t=tnrqepLSm6m_Q_u5hlwbJA
- Scoones, I. (2022). Livestock, methane, and climate change: The politics of global assessments. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 14(1), 1-8. <https://doi.org/10.1002/wcc.790>
- Smith, M. A., Cain, M. y Allen, M. R. (2021). Further improvement of warming-equivalent emissions calculation. *Npj Climate and Atmospheric Science*, 4(1), 2-4. <https://doi.org/10.1038/s41612-021-00169-8>
- Smith, P. (2014). Do grasslands act as a perpetual sink for carbon? *Global Change Biology*, 20(9), 2708-2711. <https://doi.org/10.1111/gcb.12561>
- Vecchio, M. C., Golluscio, R. A., Rodríguez, A. M. y Taboada, M. A. (2018). Improvement of Saline-Sodic Grassland Soils Properties by Rotational Grazing in Argentina. *Rangeland Ecology and Management*, 71(6), 807-814. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2018.04.010>
- Viglizzo, E. F., Ricard, M. F., Taboada, M. A. y Vázquez-Amábile, G. (2019). Reassessing the role of grazing lands in carbon-balance estimations: Meta-analysis and review. *Science of the Total Environment* (pp. 531-542, vol. 661). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.130>
- Viglizzo, E. F., Taboada, M. A., Vázquez-Amábile, G. y Ricard, M. F. (2020). Response to the Letter to the Editor "The role of South American grazing lands in mitigating greenhouse gas emissions. A reply to: 'Reassessing the role of grazing lands in carbon-balance estimations: Meta-analysis and review'". En: Viglizzo et al. (2019). *Science of the Total Environment*, 740(140119). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140119>
- Villarino, S. H., Pinto, P., Della Chiesa, T., Jobbágy, E. G., Studdert, G. A., Bazzoni, B., Conti, G., Rufino, M., Álvarez, R., Boddey, R. et al. (2020). The role of South American grazing lands in mitigating greenhouse gas emissions. A reply to: "Reassessing the role of grazing lands in carbon-balance estimations: Meta-analysis and review". En: Viglizzo et al. (2019). *Science of the Total Environment*, 740(2019), 140108. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140108>
- Viscarra Rossel, R. A., Webster, R., Bui, E. N. y Baldock, J. A. (2016). Baseline map of organic carbon in Australian soil to support national carbon accounting and monitoring under climate change. *Global Change Biology*, 20(9), 2953-2970. <https://doi.org/10.1111/gcb.12569>
- Wang, Y., de Boer, I. J. M., Persson, U. M., Ripoll-Bosch, R., Cederberg, C., Gerber, P. J., Smith, P. y van Middelaaar, C. E. (2023). Risk to rely on soil carbon sequestration to offset global ruminant emissions. *Nature Communications*, 14(1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-43452-3>